

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift
(10) DE 41 15 008 A 1

(51) Int. Cl. 6:

F01L 1/04
F 02 D 13/06

DE 41 15 008 A 1

(21) Aktenzeichen: P 41 15 008.2
(22) Anmeldetag: 8. 5. 91
(23) Offenlegungstag: 12. 11. 92

(71) Anmelder:

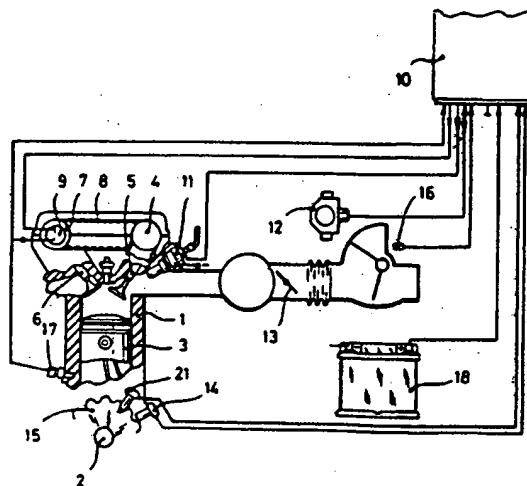
Adam Opel AG, 6090 Rüsselsheim, DE

(72) Erfinder:

Kaltwasser, Thomas, Dipl.-Ing. (TH), 6228 Eltville, DE

(54) Mehrzylindrige Verbrennungskraftmaschine und Verfahren zum Steuern einer solchen

(57) Eine mehrzylindrige Verbrennungskraftmaschine hat zwei Nockenwellen (4, 7), von denen eine Nockenwelle (7) mittels einer Schaltkupplung (9) vom Antrieb abzukoppeln und dadurch stillzusetzen ist. Während die ständig angetriebene Nockenwelle (4) pro Zylinder (1) zumindest ein Einlaßventil (6) und ein Auslaßventil betägt, treibt die stillzusetzende Nockenwelle (7) für jeden Zylinder (1) ein zusätzliches Ventil (Auslaßventil 6) an. Das ermöglicht es, durch Stillsetzen der Nockenwelle (7) in definierten Winkelstellungen zu erreichen, daß bei einer vierzylindrigen Verbrennungskraftmaschine wahlweise das zusätzliche Ventil (Auslaßventil (6)) eines oder zweier Zylinder (1) offenbleibt und dadurch diese Zylinder inaktiv werden.



DE 41 15 008 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine mehrzylindrige Verbrennungskraftmaschine, deren Zylinder zumindest drei Ventile aufweisen, und welche zur Betätigung der Ventile zwei über die Kurbelwelle angetriebene Nockenwellen hat und bei der eine Schaltkupplung zum Abschalten einer Ventilbetätigung vorgesehen ist. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Steuern einer solchen Verbrennungskraftmaschine.

Eine Verbrennungskraftmaschine der eingangs genannten Art ist in der DE-C-35 23 531 beschrieben. Bei der bekannten Verbrennungskraftmaschine hat jeder Zylinder vier Ventile. Jeweils zwei Ventile werden von einer Nockenwelle über Kipphebel betätigt. Für ein Einlaßventil und ein Auslaßventil sind die Kipphebel über jeweils eine schaltbare Kupplung mit einem Betätigungsstock verbunden. Dadurch wird es möglich, zwei Kipphebel pro Zylinder stillzusetzen.

In der genannten DE-C-35 23 531 ist angeführt, daß durch die Auskuppelbarkeit der Kipphebel der Betrieb des Einlaß- oder Auslaßventils unterbrochen werden soll. Bei niedrigen Drehzahlen werden auf diese Weise pro Zylinder ein Einlaßventil und ein Auslaßventil abgeschaltet. Das ergibt im Teillastgebiet eine höhere Ladungsgeschwindigkeit beim Einströmen durch nur ein geöffnetes Einlaßventil, was für das Arbeiten der Verbrennungskraftmaschine vorteilhafter ist.

Der Aufwand zum Abschalten einzelner Ventile ist bei der bekannten Verbrennungskraftmaschine relativ hoch, da pro Ventil eine Kopplungseinrichtung erforderlich wird. Da die Kipphebel im ausgekuppelten Zustand zwangsläufig in diejenige Stellung schwenken können, in der das dazugehörige Ventil geschlossen ist, können bei der bekannten Verbrennungskraftmaschine durch die Kopplungseinrichtung keine Ventile offen gehalten werden. Deshalb ist eine Zylinderabschaltung nicht möglich.

Die DE-C-33 13 437 beschreibt auch schon eine mehrzylindrige Verbrennungskraftmaschine, bei der hydraulische Spielnachstelleinrichtungen so ausgebildet sind, daß mittels eines Magnetantriebes ihre Starrheit vorübergehend aufgehoben werden kann, so daß die Nockenwelle die Kipphebel betätigen können, ohne daß es zu einer Ventilbetätigung kommt. Die Ventile eines Zylinders oder mehrerer Zylinder verbleiben auf diese Weise geschlossen, so daß diese Zylinder nicht arbeiten. Dadurch kann man für die übrigen Zylinder ein Arbeiten in einem ungünstigen Teillastbereich vermeiden, jedoch leidet der Wirkungsgrad der Verbrennungskraftmaschine dadurch, daß in den abgeschalteten Zylinder Luft komprimiert wird.

Wie zum Beispiel die DE-C-33 05 059 zeigt, ist es bei Verbrennungskraftmaschinen auch schon bekannt, die Winkelbeziehung einer Nockenwelle zu einer Kurbelwelle variabel zu machen und damit die Ventilabstimmung des Ein- und Auslaßventils zu steuern. Ein Abschalten einzelner Zylinder ist bei der Verbrennungskraftmaschine nach dieser Schrift jedoch nicht vorgesehen.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, eine mehrzylindrige Verbrennungskraftmaschine der eingangs genannten Art so auszubilden, daß auf möglichst einfache Weise ein Abschalten einzelner Zylinder möglich ist. Weiterhin soll ein Verfahren zum Steuern einer solchen Verbrennungskraftmaschine entwickelt werden.

Das erstgenannte Problem wird erfindungsgemäß da-

durch gelöst, daß die Schaltkupplung zum Auskuppeln und Wiedereinkuppeln des Antriebs einer Nockenwelle in definierten Winkellagen der Nockenwelle in bezug auf die Kurbelwelle ausgebildet und die schaltbare Nockenwelle zum Betätigen jeweils eines zusätzlichen Ventils jedes Zylinders vorgesehen ist.

Durch eine solche, mit geringem Aufwand zu verwirklichende Ausbildung einer Verbrennungskraftmaschine kann man einzelne Zylinder sehr einfach stillsetzen, indem die jeweils ein zusätzliches Ventil jedes Zylinders betätigende Nockenwelle in solchen Winkelstellungen stillgesetzt wird, in der ein von ihr betätigtes Ventil oder mehrere offen bleiben. Wenn es sich bei den Ventilen um Auslaßventile handelt, dann kann man durch Offthalten dieser Ventile erreichen, daß der jeweilige Kolben im Zylinder frei ohne Kompressionsarbeit arbeiten kann. Abgesehen hiervon ermöglicht es die erfindungsgemäß Schaltkupplung auch andere Steuercharakteristiken der Verbrennungskraftmaschine zu verwirklichen.

Das Stillsetzen einzelner Zylinder ist besonders einfach möglich, wenn eine erste Nockenwelle zum Betätigen jeweils zumindest eines Einlaßventils und eines Auslaßpro Zylinder und die über die Schaltkupplung angetriebene zweite Nockenwelle zum Betätigen eines weiteren Auslaßventils pro Zylinder vorgesehen und die Schaltkupplung mit einer Steuereinrichtung zum Unterbrechen der Kraftstoffzufuhr zu den durch Offthalten eines Auslaßventils aufgrund der nach dem Öffnen der Schaltkupplung stillstehenden zweiten Nockenwelle deaktivierten Zylindern versehen ist.

Bei einer vierzylindrigen Verbrennungskraftmaschine kann man auf diese Weise je nach Stellung der Nockenwellen im ausgekuppelten Zustand einen oder zwei Zylinder abschalten. Hierdurch wird sowohl beim Ottomotor als auch beim Dieselmotor das Verhältnis von Reibleistung zur Nutzleistung günstiger. Insbesondere beim Ottomotor ergibt sich im Bereich niedriger Motorbelastung ein höherer Wirkungsgrad durch ein höheres effektives Verdichtungsverhältnis (Quantitätsregelung) und geringere Ladungswechselverluste. Voraussetzung ist, daß die einzelnen Zylinder eine individuelle Gemischbildung (z. B. Multi-Point-Einspritzung) besitzen, die es gestattet, die Kraftstoffzufuhr zu den deaktiven Zylindern zu unterbinden.

Statt einzelne Zylinder durch Offthalten jeweils eines Auslaßventils zu deaktivieren, kann man alternativ auch jeweils ein zusätzliches Einlaßventil offenhalten. Eine solche Verbrennungskraftmaschine zeichnet sich dadurch aus, daß die erste Nockenwelle zum Betätigen eines oder mehrerer Auslaßventile und eines Einlaßventils und die zweite mittels der Schaltkupplung auskoppelbare Nockenwelle zum Betätigen eines zweiten Einlaßventils pro Zylinder angeordnet und die Schaltkupplung mit einer Steuereinrichtung zum Unterbrechen der Kraftstoffzufuhr zu den durch Offthalten eines Einlaßventils aufgrund der nach dem Öffnen der Schaltkupplung stillstehenden zweiten Nockenwelle deaktivierten Zylindern versehen ist.

Durch das Offthalten eines Einlaßventils tritt bei deaktiviertem Zylinder ein Rückschieben der angesaugten Luftmasse in den Ansaugtrakt ein. Durch eine geeignete Strömungsführung (zum Beispiel Rückschlagventile) dieser vorverdichteten Luftsäule lassen sich die aktiven Zylindereinheiten mit einem höheren Luftaufwand betreiben.

Das zweitgenannte Problem, nämlich die Schaffung eines Verfahrens zum Steuern einer mehrzylindrigen

Verbrennungskraftmaschine, deren Zylinder zumindest drei Ventile aufweisen und welche zur Betätigung der Ventile zwei über die Kurbelwelle angetriebene Nockenwellen hat und bei der eine Schaltkupplung zum Abschalten einer Ventilbetätigung vorgesehen ist, wird erfundungsgemäß dadurch gelöst, daß eine Nockenwelle ausschließlich zur Betätigung eines zusätzlichen Ventils pro Zylinder verwendet und in definierten Winkel lagen stillgesetzt wird.

Durch eine solche Verfahrensweise kann man einzelnen Zylinder sehr einfach stillsetzen, indem die jeweils ein zusätzliches Ventil jedes Zylinders betätigende Nockenwelle in solchen Winkelstellungen stillgesetzt wird, in der ein von ihr betätigtes Ventil oder mehrere offen bleiben. Wenn es sich bei den Ventilen um Auslaßventile handelt, dann kann man durch Offenhalten dieser Ventile erreichen, daß der jeweilige Kolben im Zylinder frei ohne Kompressionsarbeit arbeiten kann. Abgesehen hiervon wird es durch das Stillsetzen einer Nockenwelle möglich, unterschiedliche Steuercharakteristiken der Verbrennungskraftmaschine zu verwirklichen.

Mit sehr geringem Aufwand läßt sich ein freier Kolbenlauf in den abgeschalteten Zylindern erreichen, wenn die stillsetzbare Nockenwelle ausschließlich jeweils ein zusätzliches Auslaßventil pro Zylinder betätigt und die zweite Nockenwelle bei solchen Kurbelwellen-Winkelstellungen stillgesetzt wird, in der eine unterschiedliche Anzahl Zylinder durch Offenbleiben eines Auslaßventils deaktiviert sind.

Eine alternative Möglichkeit zum Stillsetzen einzelner Zylinder besteht darin, daß mit der stillsetzbaren Nockenwelle ausschließlich jeweils eine zusätzliches Einlaßventil pro Zylinder betätigt wird und die zweite Nockenwelle bei solchen Kurbelwellen-Winkelstellungen stillgesetzt wird, in der eine unterschiedliche Anzahl Zylinder durch Offenbleiben des zweiten Einlaßventiles deaktiviert wird.

Ein solches Verfahren hat den Vorteil, daß die Kolben der stillgesetzten Zylinder angesaugte Ladung zurück in den Ansaugtrakt zu schieben vermögen. Durch eine geeignete Strömungsführung dieser vorverdichteten Luftröhre lassen sich hierdurch die aktiven Zylindereinheiten mit einem höheren Luftaufwand betreiben.

Im Bereich hoher Drehzahlen kann man die Zeiten bis zum Einlaßschluß verlängern und dadurch eine verbesserte Zylinderfüllung erreichen, wenn nach einem Auskuppeln das Wiedereinkuppeln der zweiten Nockenwelle gegenüber der ersten Nockenwelle verspätet erfolgt.

Die Erfahrung läßt zahlreiche Ausführungsformen zu. Zur weiteren Verdeutlichung wird nachfolgend auf die Zeichnung Bezug genommen. Diese zeigt in

Fig. 1 einen Schnitt durch einen die Erfahrung betreffenden Bereich einer erfundungsgemäßen Verbrennungskraftmaschine,

Fig. 2 den Öffnungsverlauf eines zusätzlichen Auslaßventiles einer vierzylindrigen Verbrennungskraftmaschine nach der Erfahrung für alle vier Zylinder über die Winkelstellung der Kurbelwelle,

Fig. 3 die Stellung der zusätzlichen Auslaßventile bei einer Kurbelwellenlage von 360°,

Fig. 4 die Stellung der zusätzlichen Auslaßventile bei einer Kurbelwellenlage von 420°,

Fig. 5 einen Schnitt durch einen die Erfahrung betreffenden Bereich einer zweiten Ausführungsform einer Verbrennungskraftmaschine nach der Erfahrung,

Fig. 6 den Öffnungsverlauf eines zusätzlichen Einlaßventiles einer vierzylindrigen Verbrennungskraftma-

schine nach der Erfahrung für alle vier Zylinder über die Winkelstellung der Kurbelwelle,

Fig. 7 die Stellung der zusätzlichen Auslaßventile bei einer Kurbelwellenlage von 360°,

Fig. 8 die Stellung der zusätzlichen Auslaßventile bei einer Kurbelwellenlage von 420°,

Fig. 9 den Einlaßventil-Öffnungsverlauf nach einem verzögerten Wiedereinschalten der die zusätzlichen Einlaßventile betätigenden Nockenwelle.

Die Fig. 1 zeigt von einer Verbrennungskraftmaschine einen Zylinder 1 mit einem eine Kurbelwelle 2 antreibenden Kolben 3. Oberhalb des Zylinders 1 ist eine Nockenwelle 4 angeordnet, welche für jeden Zylinder 1 ein Einlaßventil 5 oder mehrere Einlaßventile pro Zylinder und zumindest ein nicht dargestelltes Auslaßventil pro Zylinder betätigt. Gezeigt ist in Fig. 1 jedoch für den Zylinder 1 ein zusätzliches Auslaßventil 6, welches von einer zweiten Nockenwelle 7 betätigbar ist. Diese zweite Nockenwelle 7 wird von der ersten Nockenwelle 4 mittels eines Zahnrades 8 unter Zwischenschaltung einer Schaltkupplung 9 angetrieben. Bei der Schaltkupplung 9 handelt es sich um eine elektromagnetisch schaltbare Lamellenkupplung. Wird diese betätigt, dann steht die zweite Nockenwelle 7 in ihrer jeweiligen Winkelstellung still. Befindet sich das zusätzliche Auslaßventil 6 dann gerade in Offenstellung, so verbleibt es offen. Der Kolben 3 kann sich dann ohne Gegendruck frei im Zylinder 1 bewegen.

Zum Steuern der Schaltkupplung 9 dient eine Steuereinrichtung 10. Diese vermag mit dem Öffnen der Schaltkupplung 9 zugleich ein Einspritzventil 11 zu sperren, so daß die Kraftstoffzufuhr zu dem deaktivierten Zylinder 1 unterbrochen ist. Weiterhin vermag die Steuereinrichtung einen Drosselklappenstellmotor 12 zu aktivieren, durch den in einem solchen Fall eine Drosselklappe 13 in Öffnungsstellung bewegt wird. Die Steuereinrichtung 10 verarbeitet Signale eines Drehzahlgebers 14, der Impulse eines mit der Kurbelwelle 2 umlaufenden Geberrades 15 aufnimmt. Dem Geberrad 15 ist weiterhin ein Bezugsmarkengeber 21 zugeordnet, welcher ebenfalls mit der Steuereinrichtung 10 verbunden ist. Weiterhin berücksichtigt die Steuereinrichtung 10 die angesaugte Luftmenge, welche von einem Luftpengenmesser 16 gemessen wird, und die von einem Motortemperatur-Fühler 17 ermittelte Motortemperatur. Überlagert wird die Steuerung mittels der Steuereinrichtung 10 von weiteren Eingangsgrößen, wie Fahrpedalbewegung, Motortemperatur und Bordspannung, die das Abschalten der Zylinder bei bestimmten Betriebsbedingungen, beispielsweise Beschleunigung, Kaltstart oder Schubbetrieb verhindern. Die Spannungsversorgung der Steuereinrichtung 10 erfolgt durch die übliche Fahrzeughinterie 18.

In der Steuereinrichtung 10 sind Kennfelder abgespeichert, die in Abhängigkeit von Motordrehzahl und Motorbelastung festlegen, welche Zylinder zu welchem Zeitpunkt durch Abschaltung oder Zuschaltung einer Nockenwelle deaktiviert oder wieder aktiviert werden. Befindet sich die Verbrennungskraftmaschine beispielsweise in einem Betriebszustand niedriger Motorbelastung (durch den Drehzahlgeber 14 und den Luftpengenmesser 16 festgestellt), entscheidet die Steuereinrichtung 10, daß bei einem Reihenvierzylindermotor der erste und dritte Zylinder abgeschaltet werden sollen.

Im Bereich höherer Motorbelastung signalisiert die Steuereinrichtung 10 der Schaltkupplung 9 das Zuschalten der Nockenwelle 7 zur korrekten Kurbelwellenlage. Die abgeschalteten Einspritzventile 11 werden wieder

aktiviert und die Drosselklappe 13 wird wieder in ihre normale Stellung gebracht.

Das Diagramm gemäß Fig. 2 zeigt für eine vierzylindrige Verbrennungskraftmaschine den Ventilhub der für die vier Zylinder mit Z1, Z2, Z3 und Z4 bezeichneten Auslaßventile. Die Zündfolge der Verbrennungskraftmaschine ist Z1-Z3-Z4-Z2. Als 0° wurde die Lage der Kurbelwelle 2 festgelegt, in der sich der Kolben im Zylinder Z1 im oberen Totpunkt (Zünd-OT) befindet. Zu erkennen ist, daß die Auslaßventile des zweiten Zylinders Z2 bei etwa 80° maximal geöffnet sind. Für den ersten Zylinder Z1 ergibt sich die maximale Öffnung seiner Auslaßventile bei etwa 260°, für den dritten Zylinder Z3 bei etwa 440° und für den vierten Zylinder Z4 bei etwa 620°.

Die Fig. 3 zeigt für einen Kurbelwellenwinkel von 360°, daß dann das zusätzliche Auslaßventil A1 des ersten Zylinders Z1 und das zusätzliche Auslaßventil A3 des Zylinders Z3 geöffnet ist, während die zusätzlichen Auslaßventile A2 und A4 der Zylinder Z2 und Z4 geschlossen sind. Solange die Nockenwelle 7 von der Nockenwelle 4 angetrieben wird, bewegen sich alle Auslaßventile jedes einzelnen Zylinders synchron. Wird jedoch in der in Fig. 3 gezeigten Winkelstellung der Kurbelwelle 2 die Schaltkupplung gelöst, dann bleibt die Nockenwelle 7 stehen und das zusätzliche Auslaßventil A1 sowie das entsprechende Auslaßventil A3 des Zylinders Z3 verbleibt in Offenstellung. Dadurch sind die Zylinder Z1 und Z3 inaktiv, während die Zylinder Z2 und Z4 normal zu arbeiten vermögen, weil die laufende Nockenwelle 4 jeweils zumindest ein Einlaß- und ein Auslaßventil für jeden Zylinder betätigt.

Die Fig. 4 zeigt die Stellung der zusätzlichen Auslaßventile A1, A2, A3 und A4 für einen Kurbelwellenwinkel von 420°. Zu sehen ist, daß nur das zusätzliche Auslaßventil A3 geöffnet ist. Wird in dieser Stellung die Nockenwelle 7 stillgesetzt, dann bleibt das von ihr betätigtes zusätzliche Auslaßventil A3 in Offenstellung, so daß nur der Zylinder Z3 inaktiv ist, während die übrigen Zylinder Z1, Z2 und Z4 normal zu laufen vermögen.

Die Ausführungsform nach der Fig. 5 unterscheidet sich von der zuvor beschriebenen dadurch, daß die Nockenwellen 4 und 7 vertauscht wurden. Die durch Betätigung der Schaltkupplung 9 stillsetzbare Nockenwelle 7 betätigt deshalb pro Zylinder 1 ein zusätzliches Einlaßventil 19, während die fest angetriebene Nockenwelle 4 pro Zylinder zumindest ein Auslaßventil 20 und zumindest ein nicht zu sehendes Einlaßventil zu betätigen vermag.

Die Fig. 6 zeigt eine der Fig. 2 entsprechende Darstellung des Ventilhubs des zusätzlichen Einlaßventils 19 = E1, E2, E3, E4 der einzelnen Zylinder Z1, Z2, Z3 und Z4. Solange beide Nockenwellen 4 und 7 angetrieben sind, entspricht dieser Ventilhub auch dem der übrigen Einlaßventile. Die Fig. 7, welche prinzipiell der Fig. 3 entspricht, zeigt, daß bei einem Stillsetzen der bei dieser Ausführungsform stillsetzbaren Nockenwelle 7 bei einem Kurbelwellenwinkel von 360° die zusätzlichen Einlaßventile E1 und E2 geöffnet bleiben und damit die Zylinder Z1 und Z2 inaktiv werden. In Fig. 8 ist gezeigt, daß bei einem Stillsetzen der Nockenwelle 7 bei einem Kurbelwellenwinkel von 420° nur das zusätzliche Einlaßventil E1 offen bleibt, so daß dann nur der Zylinder Z1 inaktiv wird.

Bei den zuvor beschriebenen Ausführungsformen wurde davon ausgegangen, daß das zusätzliche Auslaßventil 6 oder das zusätzliche Einlaßventil 19 entweder in Offenstellung verbleibt oder aber genau in Phase mit

den übrigen Auslaßventilen bzw. Einlaßventilen arbeitet. Das muß jedoch nicht immer optimal sein. In Fig. 9 ist dargestellt, daß die zusätzlichen Einlaßventile Z1, Z2, Z3 und Z4 auch phasenverschoben zu den übrigen Einlaßventilen arbeiten können. Das läßt sich auf einfache Weise dadurch erreichen, daß die Nockenwelle 7 nach ihrem Stillsetzen in einer geänderten Winkelstellung – bei diesem Beispiel etwa 20° verzögert – wieder mit der anderen Nockenwelle 4 verbunden wird. Hierdurch wird erreicht, daß sich die Öffnungszeiten der Zylinder verlängern.

Patentansprüche

1. Mehrzylindrige Verbrennungskraftmaschine, deren Zylinder zumindest drei Ventile aufweisen, und welche zur Betätigung der Ventile zwei über die Kurbelwelle angetriebene Nockenwellen hat und bei der eine Schaltkupplung zum Abschalten einer Ventilbetätigung vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltkupplung (9) zum Auskuppeln und Wiedereinkuppeln des Antriebs einer Nockenwelle (7 oder 4) in definierten Winkelstellungen der Nockenwelle (7 oder 4) in bezug auf die Kurbelwelle (2) ausgebildet und die schaltbare Nockenwelle (7 oder 4) zum Betätigen jeweils eines zusätzlichen Ventils (Auslaßventil 6 oder Einlaßventil 19) jedes Zylinders (1) vorgesehen ist.
2. Mehrzylindrige Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine erste Nockenwelle (4) zum Betätigen jeweils zumindest eines Einlaßventils (5) und eines Auslaßventils pro Zylinder (1) und die über die Schaltkupplung (9) angetriebene zweite Nockenwelle (7) zum Betätigen eines weiteren Auslaßventils (6) pro Zylinder (1) vorgesehen ist und die Schaltkupplung (9) mit einer Steuereinrichtung (10) zum Unterbrechen der Kraftstoffzufuhr zu den durch Offenbleiben eines Auslaßventils (6) aufgrund der nach dem Öffnen der Schaltkupplung (9) stillstehenden zweiten Nockenwelle (7) deaktivierten Zylindern (1) versehen ist.
3. Mehrzylindrige Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Nockenwelle (4) zum Betätigen eines oder mehrerer Auslaßventile (20) und eines Einlaßventils und die zweite, mittels der Schaltkupplung (9) austippelbare Nockenwelle (7) zum Betätigen eines zweiten Einlaßventils (19) pro Zylinder (1) angeordnet und die Schaltkupplung (9) mit einer Steuereinrichtung (10) zum Unterbrechen der Kraftstoffzufuhr zu den durch Offenbleiben eines Einlaßventils (19) aufgrund der nach dem Öffnen der Schaltkupplung (9) stillstehenden zweiten Nockenwelle (9) deaktivierten Zylindern (1) versehen ist.
4. Verfahren zum Steuern einer mehrzylindrigen Verbrennungskraftmaschine, deren Zylinder zumindest drei Ventile aufweisen und welche zur Betätigung der Ventile zwei über die Kurbelwelle angetriebene Nockenwellen hat und bei der eine Schaltkupplung zum Abschalten einer Ventilbetätigung vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß eine Nockenwelle ausschließlich zum Betätigen eines zusätzlichen Ventils pro Zylinder verwendet und in definierten Winkelstellungen stillgesetzt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß mit der stillsetzbaren Nockenwelle ausschließlich jeweils ein zusätzliches Auslaßventil

pro Zylinder betätigt und die zweite Nockenwelle bei solchen Kurbelwellen-Winkellagen stillgesetzt wird, in der eine unterschiedliche Anzahl Zylinder durch Offenbleiben eines Auslaßventils deaktiviert sind.

5

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß mit der stillsetzbaren Nockenwelle ausschließlich jeweils ein zusätzliches Einlaßventil pro Zylinder betätigt und die zweite Nockenwelle bei solchen Kurbelwellen-Winkellagen stillgesetzt wird, in der eine unterschiedliche Anzahl Zylinder durch Offenbleiben des zweiten Einlaßventiles deaktiviert wird.

10

7. Verfahren nach Anspruch 4 oder einem der ihm folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß beim Deaktivieren von Zylindern die Kraftstoffzufuhr zu den deaktivierten Zylindern unterbrochen wird.

15

8. Verfahren nach Anspruch 4 oder einem der ihm folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß nach einem Auskuppeln das Wiedereinkuppeln der zweiten Nockenwelle gegenüber der ersten Nockenwelle verspätet erfolgt.

20

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

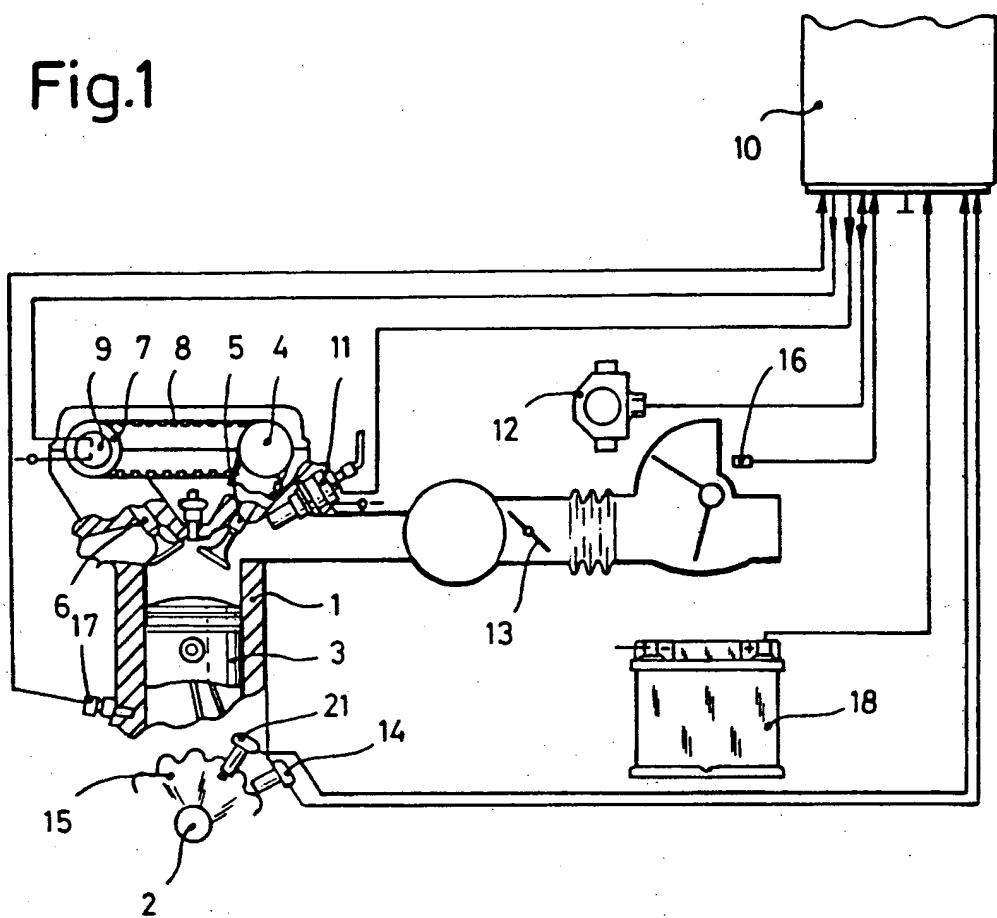
50

55

60

65

Fig.1



Ventilhub

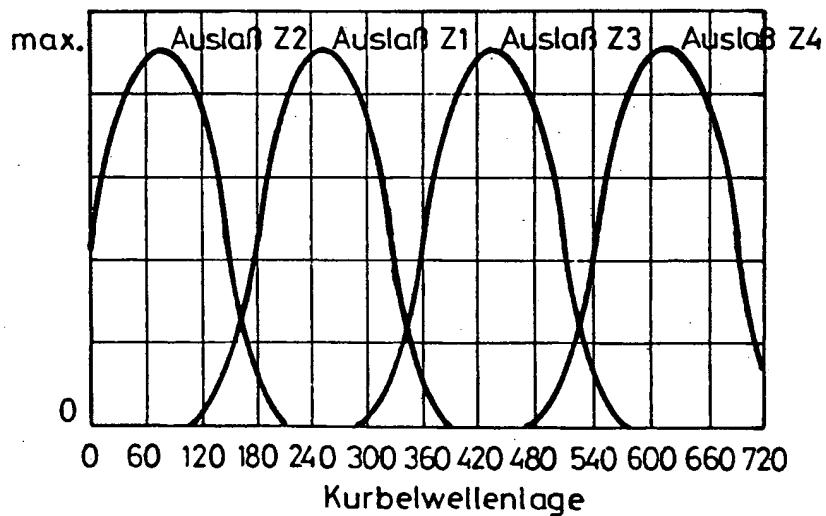


Fig.2

Fig. 3

Kurbelwellenlage = 360 Grad

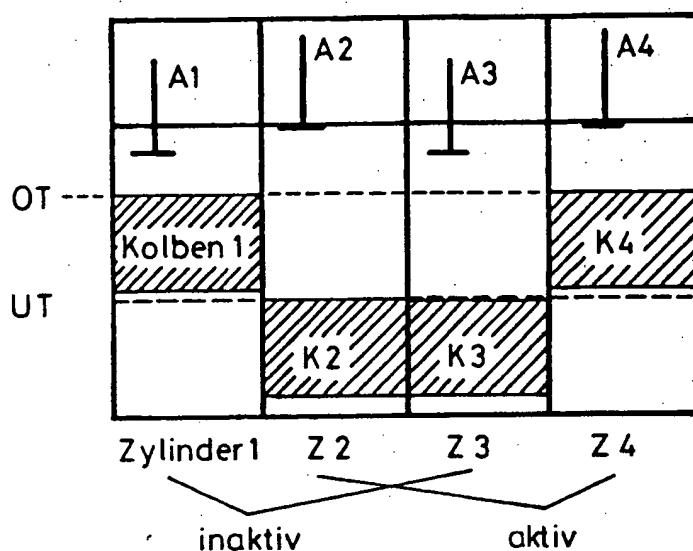


Fig. 4

Kurbelwellenlage = 420 Grad

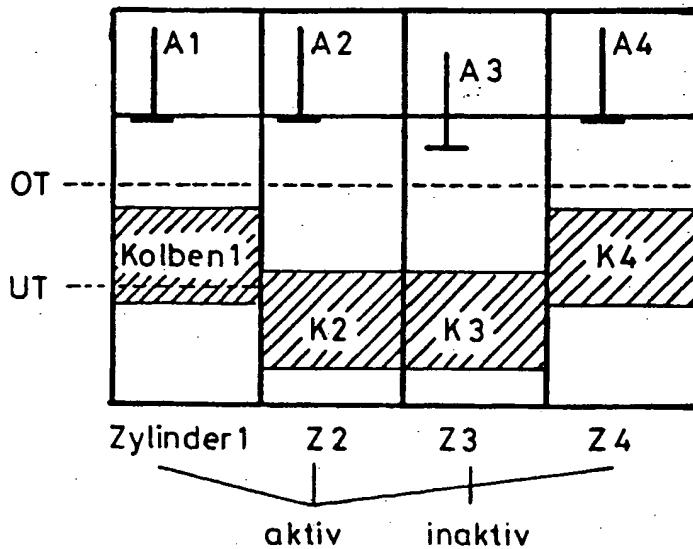


Fig.5

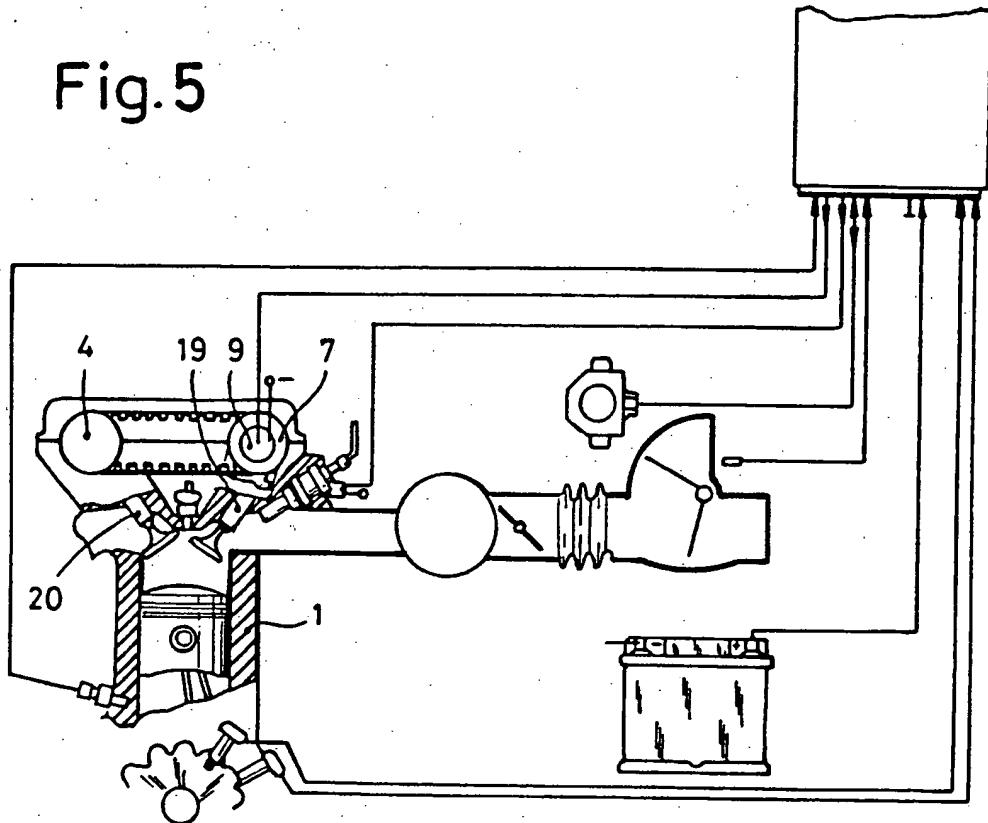


Fig. 6

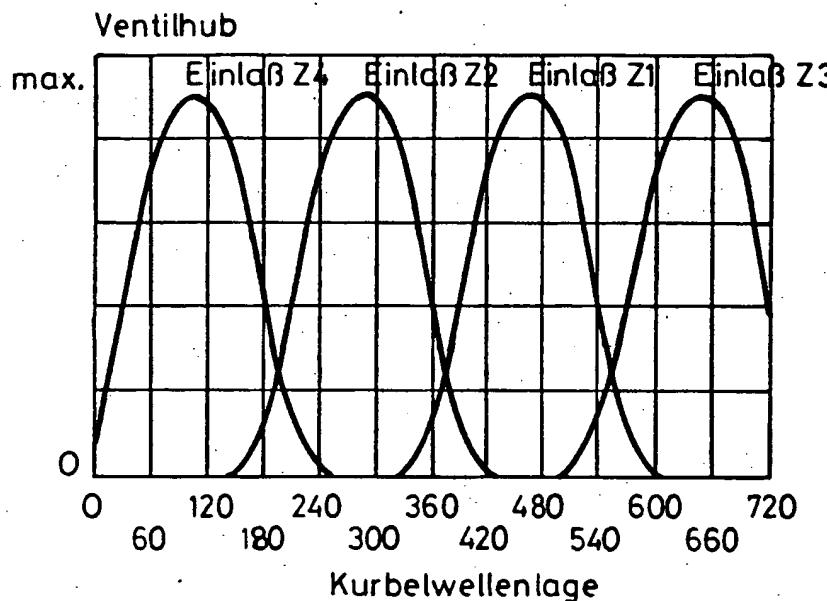


Fig. 7

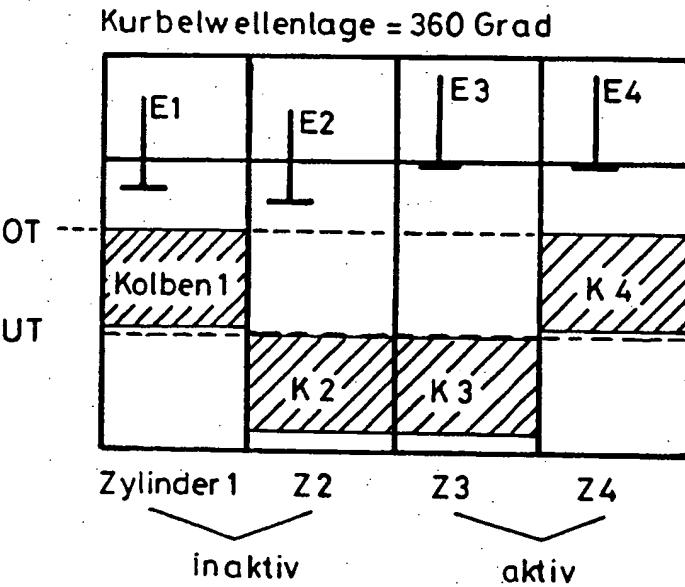


Fig.8

Kurbelwellenlage = 420 Grad

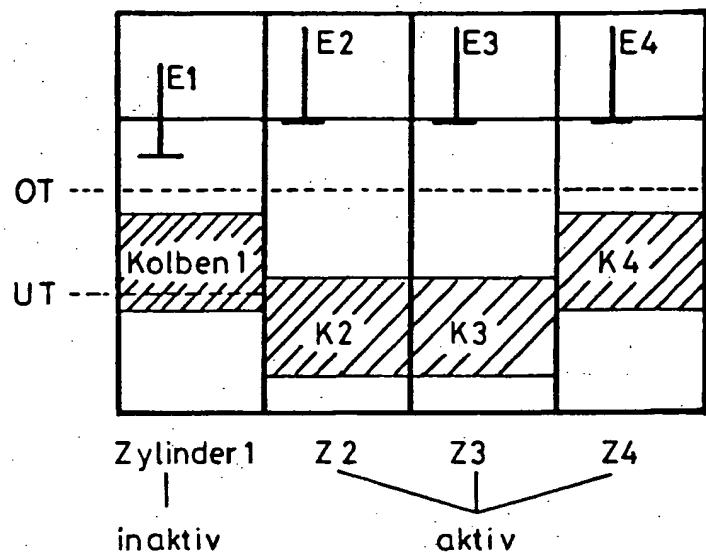
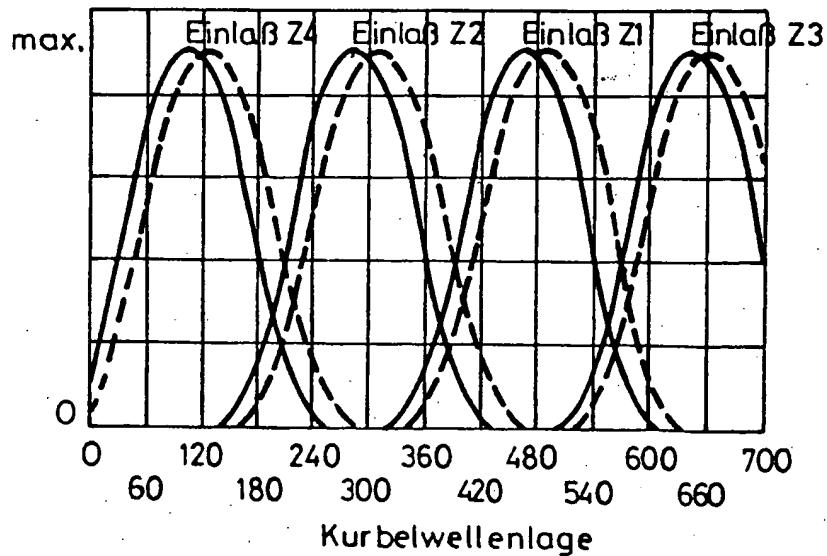


Fig.9

Ventilhub



Laid-Open Publication**DE 41 15 008 A1****5 Multi-Cylinder Internal Combustion Engine and Method for Controlling the same**

A multi-cylinder internal combustion engine has two cam shafts (4, 7) of which one cam shaft (7) is uncoupled from the drive by means of a clutch coupling (9) and is in this way brought to a standstill. Whereas the constantly driven cam
10 shaft (4) operates at least one inlet valve (6) and one outlet valve per cylinder (1), the cam shaft (7) to be brought to a standstill has an additional valve (outlet valve 6) for each cylinder (1). This makes it possible, by bringing the cam shaft (7) to a standstill in defined angular positions and with a four-cylinder internal combustion engine, for optionally the additional valve (outlet valve (6) of one or
15 two cylinders (1) to remain open, and in this way for these cylinders to become inactive.

Description

- The invention relates to a multi-cylinder internal combustion engine, the
5 cylinders of which have at least three valves and which has two cam shafts
driven by the crank shaft in order to operate the valves, and with which a clutch
coupling is provided to cut off a valve operation. The invention further relates to
a method for controlling this type of internal combustion engine.
- 10 An internal combustion engine of the type specified at the start is described in
DE-C-35 23 531. With the known internal combustion engine, each cylinder
has four valves. Two valves respectively are operated by a cam shaft by
means of rocker arms. For one inlet valve and one outlet valve, the rocker arms
are each connected via a shiftable coupling to an operating cam. In this way it
15 is possible to bring two rocker arms per cylinder to a standstill.
- It is described in the aforementioned DE-C-35 23 531 how by means of the
ability of the rocker arms to uncouple, the operation of the inlet and outlet valve
is interrupted. With a low number of revolutions one inlet valve and one outlet
20 valve per cylinder is cut off in this way. This produces a higher charge speed in
the partial load region upon inflow by means of just one open inlet valve, and
this is more advantageous for the function of the internal combustion engine.
- The complexity involved in cutting off individual valves is relatively high with the
25 known internal combustion engine because a coupling device is required for
each valve. Because the rocker arms in the uncoupled state can inevitably
pivot into the position in which the associated valve is closed, with the known
internal combustion engine no valves can be kept open by the coupling device.
Cylinder cut-off is therefore not possible.
- 30 DE-C-33 13 437 also describes a multi-cylinder internal combustion engine with
which hydraulic play readjustment devices are designed such that their rigidity
is temporarily cancelled by a magnet drive so that the cam shaft can operate

- the rocker arms without there being any valve operation. The valves of a cylinder or of several cylinders remain closed in this way so that these cylinders do not function. In this way, with the remaining cylinders, one can avoid function in an unfavourable partial load region, but the level of effectiveness of
- 5 the internal combustion engine suffers in that air is compressed in the cut off cylinder.

- As shown for example by DE-C-33 05 059, it is also already known with internal combustion engines to make the angular relationship between a cam shaft and
- 10 a crank shaft variable, and so to control the valve co-ordination of the inlet and outlet valve. It is not, however, proposed to cut off individual cylinders with the internal combustion engine according to this document.

- The problem which forms the basis of the invention is to design a multi-cylinder internal combustion engine of the type specified at the start such that it is
- 15 possible to cut off individual cylinders in the simplest way possible. Furthermore, a method for controlling this type of internal combustion engine is to be developed.

- 20 The first problem specified is solved according to the invention in that the clutch coupling for uncoupling and recoupling the drive of a cam shaft in defined angular positions of the cam shaft is designed in relation to the crank shaft, and the shiftable cam shaft is provided for respectively operating an additional valve for each cylinder.

- 25 By means of this type of embodiment of an internal combustion engine which can be realized at low cost, individual cylinders can very easily be brought to a standstill in that the cam shaft respectively operating an additional valve for each cylinder is brought to a standstill in angular positions in which one or more
- 30 valves operated by it remain open. If the valves are outlet valves, then it is possible, by keeping these valves open, for the respective piston to function freely in the cylinder without any compression function. Apart from this, the

clutch coupling according to the invention also makes it possible to realize other control characteristics of the internal combustion engine.

- The bringing of individual cylinders to a standstill is particularly simply possible if
- 5 a first cam shaft is provided to respectively operate at least one inlet valve and one outlet per cylinder, and the second cam shaft driven by the clutch coupling is provided to operate a further outlet valve per cylinder, and the clutch coupling is provided with a control device for interrupting the supply of fuel to the cylinders de-activated by means of an outlet valve remaining open due to the
- 10 second cam shaft which is at a standstill after the opening of the clutch coupling.

With a four-cylinder internal combustion engine, one can in this way cut off one or two cylinders dependent upon the position of the cam shafts in the uncoupled state. In this way, both with an Otto engine and with a diesel engine, the ratio of friction to power output is more favourable. In particular with the Otto engine there is a higher level of effectiveness in the region of low engine load by means of a higher effective compression ratio (quantity regulation) and lower gas exchange losses. It is a requirement that the individual cylinders have an individual mixture formation (e.g. multi-point injection) which makes it possible to cut off the supply of fuel to the deactivated cylinders.

Instead of deactivating individual cylinders by respectively leaving open one outlet valve, one can alternatively also respectively keep open an additional inlet valve. This type of internal combustion engine is characterized in that the first cam shaft is disposed for operating one or more outlet valves and one inlet valve, and the second cam shaft, which can be uncoupled by means of the clutch coupling, is disposed for operating a second inlet valve per cylinder, and the clutch coupling is provided with a control device for interrupting the supply of fuel to the cylinders deactivated by means of an inlet valve remaining open due to the second cam shaft which is at a standstill after the opening of the clutch coupling.

By keeping open an inlet valve, with a deactivated cylinder the mass of air taken in is pushed back into the intake system. By means of appropriate flow management (for example check valves) of this pre-compressed air column, the active cylinder units can be operated with higher air consumption.

5

The second problem specified, namely the provision of a method for controlling a multi-cylinder internal combustion engine, the cylinders of which have at least three valves, and which has two cam shafts driven by the crank shaft for operating the valves, and with which a clutch coupling is provided for cutting off

10 a valve operation, is solved according to the invention in that one cam shaft is used exclusively for operating an additional valve per cylinder, and is brought to a standstill in defined angular positions.

By means of this type of method, one can very easily bring individual cylinders 15 to a standstill in that the cam shaft operating one additional valve respectively of each cylinder is brought to a standstill in angular positions in which one or several of its operated valves remain open. When these valves are outlet valves, by keeping these valves open, it is possible for the respective piston to function freely in the cylinder without any compression function. Apart from this, 20 it is possible by bringing a cam shaft to a standstill to realize different control characteristics of the internal combustion engine.

Free piston operation can be achieved in the cut off cylinders with very little expense if the cam shaft which can be brought to a standstill only operates one 25 respective additional outlet valve per cylinder, and the second cam shaft is brought to a standstill in the crank shaft angular positions in which a different number of cylinders is deactivated by an outlet valve remaining open.

An alternative possibility for bringing individual cylinders to a standstill consists 30 of exclusively operating one additional inlet valve respectively per cylinder with the cam shaft which can be brought to a standstill, and the second cam shaft is brought to a standstill with crank shaft angular positions in which a different number of cylinders is deactivated by the second inlet valve remaining open.

The advantage of this type of method is that the pistons of the cylinder brought to a standstill can push charge which has been taken in back into the intake system. By means of appropriate flow management of this pre-compressed air 5 column, the active cylinder units can in this way be operated with higher air consumption.

In the region of high numbers of revolutions, the times to inlet closure can be extended, and in this way achieve improved cylinder filling if following an 10 uncoupling, the recoupling of the second cam shaft with respect to the first cam shaft happens later.

The invention allows numerous embodiments. For further clarity, reference is made to the drawings in the following.

15

Fig. 1 shows a section through a region of an internal combustion engine according to the invention which relates to the invention,

20 **Fig. 2** shows the opening sequence of an additional outlet valve of a four-cylinder internal combustion engine according to the invention for all four cylinders by means of the angular position of the crank shaft,

25 **Fig. 3** shows the position of the additional outlet valves with a crank shaft position of 360° ,

Fig. 4 shows the position of the additional outlet valves with a crank shaft position of 420° ,

30 **Fig. 5** shows a section through a region of a second embodiment of an internal combustion engine according to the invention which relates to the invention,

Fig. 6 shows the opening sequence of an additional inlet valve of a four-cylinder internal combustion engine according to the invention for all four cylinders by means of the angular position of the crank shaft,

- 5 **Fig. 7** shows the position of the additional outlet valves with a crank shaft position of 360°,

Fig. 8 shows the position of the additional outlet valves with a crank shaft position of 420°,

10

Fig. 9 shows the inlet valve opening sequence after a delayed reconnection of the cam shaft operating the additional inlet valves.

15 **Fig. 1** shows a cylinder 1 of an internal combustion engine, said cylinder having a piston 3 driving a crank shaft 2. A cam shaft 4 is disposed above the cylinder 1, and the former operates an inlet valve 5 or several inlet valves per cylinder for each cylinder 1, and at least one outlet valve (not shown) per cylinder.

20 However, Fig. 1 shows an additional outlet valve 6 for the cylinder 1, said valve being operated by a second cam shaft 7. This second cam shaft 7 is driven by the first cam shaft 4 by means of a toothed belt 8 with intermediary operation of a clutch coupling 9. The clutch coupling 9 is an electromagnetically operated multiple-disc clutch. If this is operated, the second cam shaft 7 comes to a standstill in its respective angular position. If the additional outlet valve 6 is then in the open position, it remains open. The piston 3 can then move freely in the 25 cylinder 1 without any counter pressure.

30 A control device 10 is used to control the clutch coupling 9. With the opening of the clutch coupling 9, this can at the same time block an injection valve 11 so that the supply of fuel to the deactivated cylinder 1 is interrupted. Furthermore, the control device can activate a throttle flap servo motor 12 by means of which in such an event a throttle flap 13 is moved into the opening position. The control device 10 processes signals of a tachometer 14 which records the impulses of a transmitter wheel 15 revolving with the crank shaft 2. A reference

- mark transmitter 21 is furthermore allocated to the transmitter wheel 15, said reference mark transmitter also being connected to the control device 10. Furthermore, the control device 10 takes into account the quantity of air taken in which is measured by an air-flow sensor 16 and the engine temperature
- 5 determined by an engine temperature sensor 17. The control is superimposed by means of the control device 10 by further input values, such as accelerator pedal movement, engine temperature and vehicle voltage, which prevent the cylinders from being cut off under certain operational conditions, for example acceleration, cold start or coasting mode. The control device 10 is supplied with
- 10 voltage by means of the conventional vehicle battery 18.

In the control device 10 characteristics are stored which establish, dependent upon the engine revolutions and the engine load, which cylinders are deactivated or re-activated at which point in time by cutting off or connecting a cam shaft. If, for example, the internal combustion engine is in an operational state with low engine load (determined by the tachometer 14 and the air-flow sensor 16), the control device 10 decides that with an inline four cylinder engine, the first and third cylinder should be cut off.

- 20 In the region of higher engine load, the control device 10 of the clutch coupling 9 signals the connection of the cam shaft 7 to the correct crank shaft position. The cut off injection valves 11 are activated again, and the throttle flap 13 is brought back to its normal position.
- 25 The diagram according to **Fig. 2** shows the valve stroke of the outlet valves indicated for the four cylinders with Z1, Z2, Z3 and Z4 for a four-cylinder internal combustion engine. The ignition sequence of the internal combustion engine is Z1-Z3-Z4-Z2. The position of the crank shaft 2 in which the piston in the cylinder Z1 is at the top dead centre (ignition DC) is established as being 0°.
- 30 It can be seen that the outlet valves of the second cylinder Z2 is maximally open at approximately 80°. For the first cylinder Z1 the maximum opening of its outlet valves is approximately 260°, for the third cylinder Z3 approximately 440°, and for the fourth cylinder Z4 approximately 620°.

- Fig. 3 shows that for a crank shaft angle of 360° the additional outlet valve A1 of the first cylinder Z1 and the additional outlet valve A3 of the cylinder Z3 is then open, whereas the additional outlet valves A2 and A4 of the cylinders Z2 and Z4 are closed. As long as the cam shaft 7 is driven by the cam shaft 4, all of the outlet valves of each individual cylinder move synchronously. If, however, in the angular position of the crank shaft 2 shown in Fig. 3 the clutch coupling is released, the cam shaft 7 then comes to a standstill, and the additional outlet valve A1 and the corresponding outlet valve A3 of the cylinder Z3 remains in the open position. In this way, the cylinders Z1 and Z3 are inactive, whereas the cylinders Z2 and Z4 can function normally because the operating cam shaft 4 operates at least an inlet and an outlet valve respectively for each cylinder.
- Fig. 4 shows the position of the additional outlet valves A1, A2, A3 and A4 for a crank shaft angle of 420° . It can be seen that only the additional outlet valve A3 is open. If the cam shaft 7 is brought to a standstill in this position, the additional outlet valve A3 operated by it then remains in the open position so that only the cylinder Z3 is inactive, whereas the other cylinders Z1, Z2 and Z4 can run normally.

The embodiment according to Fig. 5 differs from that described above in that the cam shafts 4 and 7 are changed over. The cam shaft 7 which can be brought to a standstill by operating the clutch coupling 9 therefore operates an additional inlet valve 19 per cylinder 1 while the cam shaft 4 which is driven in a fixed state can operate at least one outlet valve 20 and at least one inlet valve which can not be seen per cylinder.

Fig. 6 shows a representation of the valve stroke of the additional inlet valve 19 corresponding to Fig. 2 = E1, E2, E3, E4 of the individual cylinders Z1, Z2, Z3 and Z4. As long as both cam shafts 4 and 7 are driven, this valve stroke also corresponds to that of the other inlet valves. Fig. 7, which in principle corresponds to Fig. 3, shows that when the cam shaft 7 which can be brought to

a standstill with this embodiment is brought to a standstill with a crank shaft angle of 360° , the additional inlet valves E1 and E2 remain open and so the cylinders Z1 and Z2 become inactive. It is shown in **Fig. 8** that when the cam shaft 7 is brought to a standstill with a crank shaft angle of 420° , only the
5 additional inlet valve E1 remains open so that only the cylinder Z1 then becomes inactive.

With the embodiments described above, it was assumed that the additional outlet valve 6 or the additional inlet valve 19 either remains in the open position
10 or else functions exactly in phase with the other outlet valves and inlet valves. This must, however, not always be optimal. It is shown in **Fig. 9** that the additional inlet valves Z1, Z2, Z3 and Z4 can also function out of phase with the other inlet valves. This makes it possible, in a simple way, for the cam shaft 7 to be connected again to the other cam shaft 4 after it has been brought to a
15 standstill in a changed angular position – delayed in this example by approximately 20° . In this way it is possible to extend the opening times of the cylinders.

Patent Claims

1. A multi-cylinder internal combustion engine, the cylinders of which have at least three valves and which has two cam shafts driven by the crank shaft in order to operate the valves, and with which a clutch coupling is provided to cut off a valve operation, **characterized in that** the clutch coupling (9) is designed to uncouple and re-couple the drive of a cam shaft (7 or 4) in defined angular positions of the cam shaft (7 or 4) in relation to the crank shaft (2), and the shiftable cam shaft (7 or 4) is provided to operate a respective additional valve (outlet valve 6 or inlet valve 19) of each cylinder (1).
2. The multi-cylinder internal combustion engine according to Claim 1, characterized in that a first cam shaft (4) is provided to respectively operate at least one inlet valve (5) and one outlet valve per cylinder (1), and the second cam shaft (7) driven by means of the clutch coupling (9) is provided to operate a further outlet valve (6) per cylinder (1), and the clutch coupling (9) is provided with a control device (10) for interrupting the supply of fuel to the cylinders (1) deactivated by the outlet valve (6) remaining open due to the cam shaft (7) which has come to a standstill after the opening of the clutch coupling (9).
3. The multi-cylinder internal combustion engine according to Claim 1, characterized in that the first cam shaft (4) for operating one or more outlet valves (20) and one inlet valve, and the second cam shaft (7) which can be uncoupled by means of the clutch coupling (9) is disposed in order to operate a second inlet valve (19) per cylinder (1), and the clutch coupling (9) is provided with a control device (10) for interrupting the supply of fuel to the cylinders (1) deactivated by an inlet valve (19) remaining open due to the second cam shaft (9) which has come to a standstill after the opening of the clutch coupling (9).

4. A method for controlling a multi-cylinder internal combustion engine, the cylinders of which have at least three valves and which has two cam shafts driven by the crank shaft for operating the valves, and with which a clutch coupling is provided for cutting off a valve operation, characterized in that a cam shaft is used exclusively for operating one additional valve per cylinder and is brought to a standstill in defined angular positions.
5. The method according to Claim 4, characterized in that with the cam shaft which can be brought to a standstill, exclusively one additional outlet valve can respectively be operated per cylinder, and the second cam shaft is brought to a standstill with crank shaft angular positions in which a different number of cylinders are deactivated by an outlet valve remaining open.
- 10 6. The method according to Claim 4, characterized in that with the cam shaft which can be brought to a standstill, only one additional inlet valve is respectively operated per cylinder, and the second cam shaft is brought to a standstill with crank shaft angular positions with which a different number of cylinders is deactivated by the second inlet valve remaining open.
- 15 7. The method according to Claim 4 or one of the subsequent claims, characterized in that upon deactivation of cylinders, the supply of fuel to the deactivated cylinders is interrupted.
- 20 8. The method according to Claim 4 or one of the subsequent claims, characterized in that after uncoupling, the recoupling of the second cam shaft with respect to the first cam shaft takes place with a delay.

5 pages of drawings attached

Key to the Figures**Fig. 2:**

Ventilhub	=	valve stroke
5 Auslaß	=	outlet
Kurbelwellenlage	=	crank shaft position

Fig. 3:

Kurbelwellenlage	=	crank shaft position
10 Grad	=	degrees
Kolben	=	piston
OT	=	top dead centre
UT	=	bottom dead centre
Zylinder	=	cylinder
15 inaktiv	=	inactive
aktiv	=	active

Fig. 4:

see above

20

Fig. 6:

Einlaß = inlet

and see above

25 **Fig. 7:**

see above

Fig. 8:

30 see above

Fig. 9:

see above